

カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上に関する研究

著者	山崎 浩道
号	646
発行年	2002
URL	http://hdl.handle.net/10097/16210

氏 名(本籍) やま ざき ひろ みち
山 崎 浩 道

学 位 の 種 類 博 士 (農 学)

学 位 記 番 号 農 第 6 4 6 号

学位授与年月日 平 成 14 年 4 月 11 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目 カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上に関する
研究

論 文 審 査 委 員 (主 査) 教 授 前 忠 彦
 (副 査) 教 授 金 濱 耕 基
 教 授 羽 柴 輝 良

論 文 内 容 要 旨

緒言

我が国の野菜栽培では、連作が広く行なわれ、連作障害の発生が大きな生産阻害要因となっている。連作障害の主因は土壤病害であり、その対策として薬剤による土壤消毒や抵抗性品種・台木を用いた栽培が広く行なわれているが、土壤消毒剤の使用規制や抵抗性の低下等の問題があるため、種々の防除技術を活用した総合防除技術の確立が強く求められている。

一方、野菜栽培では、肥料・資材の多量投入による土壤の理化学性の悪化が広くみられ、それに伴う作物栄養状態の攪乱が各種病害の誘因となっている。このような状況は「栄養病理複合障害」とされ、その現象解明と制御技術の開発は、土壤病害の新たな対策技術に発展する可能性がある。

作物栄養状態と各種病害の発病との関係については、各種養分の施用が発病に及ぼす影響について古くから多くの研究例があり、とくにカルシウムの施用が多くの病害の発生を抑制することが示されている。このカルシウム施用による発病抑制には、土壤 pH 等の変化によるもののほか、作物のカルシウム吸収の増加による抑制が多くの病害で認められている。したがって、カルシウム吸収を高めることで、各種病害の発生を抑制できる可能性があるが、カルシウム吸収による発病抑制の詳細なメカニズムは明らかにされていない。

一方、野菜栽培では各種病害に対する抵抗性品種が広く用いられているが、品種の持つ抵抗性とカルシウム吸収との関係についての知見はほとんどない。したがって、その関係解明は新たな知見となるだけでなく、抵抗性品種の利用とカルシウム吸収によるその抵抗性の向上とを組み合わせた新たな発病抑制技術につながる可能性がある。

本研究で対象としたトマト青枯病は *Ralstonia solanacearum* による土壤病害で、導管閉塞による急激な萎ちようを病徴とし、高温期に多発する。対策として抵抗性台木を用いた接ぎ木栽培が広く行われているが、台木の抵抗性は不完全で、環境条件により、り病化することが知られており、実際に接ぎ木栽培での発病が全国的に大きな問題となっている。このような抵抗性品種・台木のり病化は、地上部植物体における病原菌の無病徴感染に起因し、とくに茎における病原菌の増殖・移行が大きく関与することが示されているが、抵抗性の詳細なメカニズムは未だに明らかにされていない。

本研究では、上記の観点および知見から、トマト青枯病を対象に、養分吸収とくにカルシウム吸収と抵抗性品種の発病との関係を明らかにし、その要因を推定するとともに、発病抑制を目的とした新たなカルシウム施用技術の開発を試みた。本研究の成果は、カルシウム吸収による抵抗性の向上を活用した新たな病害抑制技術につながり、総合防除技術の確立に寄与することが期待される。

第1章 養分吸収がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響

第1節 肥料および資材施用がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響

養分吸収とトマト青枯病抵抗性との関係を明らかにすることを目的として、土壌への窒素、リン酸、カルシウム施用がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響を調査した。窒素およびリン酸施用と発病との関係については、明瞭な傾向を見出せず、更に検討が必要と考えられた。一方、カルシウム施用と発病との関係については、施用量の増加に伴い抵抗性品種の発病が顕著に抑制された（第1図）。この場合、植物体カルシウム含有率および土壌 pH の上昇が同時にみられることから、発病抑制に関与する要因の特定には至らず、pH 等を制御した条件下での検討が必要と考えられた。

第2節 培養液養分濃度がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響

前節の土耕での実験では、窒素およびリン酸施用と発病との関係を明確にできず、カルシウム施用による発病抑制についても要因の特定が不可能であった。そこで、水耕法—地上部接種の実験系を用いて培養液硝酸態窒素、リン、カルシウム、マグネシウム濃度が抵抗性2品種の発病に及ぼす影響を調査した。その結果、硝酸態窒素、リンおよびマグネシウムではその吸収の差異が発病に及ぼす影響は認められず、それらの養分吸収が発病に影響する可能性は低いと判断された。一方、培養液カルシウム濃度は抵抗性品種の発病に大きく影響し、高濃度区における発病抑制が明瞭に認められた（第2図）。さらに、培養液への塩化ナトリウムおよびストロンチウム（カルシウムの同族元素）の添加が抵抗性品種の発病に及ぼす影響を検討した結果、塩化ナトリウムの添加は発病に全く影響せず、ストロンチウム添加がカルシウムの代替効果により著しく発病を抑制した（第3図）。以上の結果は、トマト青枯病抵抗性品種の発病が植物体のカルシウム吸収によって大きな影響を受け、カルシウム吸収が高まった場合に抵抗性が向上することを示している。

第2章 カルシウム吸収とトマト青枯病抵抗性との関係

第1節 カルシウム吸収が抵抗性品種における青枯病菌の増殖に及ぼす影響

前章で認められたカルシウム吸収とトマト青枯病抵抗性との関係について、抵抗性の異なる3品種（り病性、中程度抵抗性、高度抵抗性）をカルシウム濃度3段階（低：0.4 mM, 標準：4.4 mM, 高：20.4 mM, 各 pH 5.8）の培養液で栽培し、地上部に青枯病菌を付傷接種して発病を調査するとともに、茎における青枯病菌密度を計数し、カルシウム吸収の差異と病原菌密度との関係を詳細に検討した。その結果、（1）り病性品種ではカルシウム濃度が発病にほとんど影響を及ぼさないこと、（2）中程度抵抗性品種では発病が低カルシウム濃度条件下で助長され、高カルシウム濃度条件下で顕著に抑制されること、（3）高度抵抗性品種では標準および高カルシウム濃度で抵抗性が発揮され、無病徴であるのに対し、低カルシウム条件下では高率に発病することが明らかとなり、

前章における結果が明瞭に再現された（第4図）。一方、接種5日後に選択培地を用いて計数した茎内の青枯病菌密度は、品種の抵抗性および培養液カルシウム濃度が高まるとともに低下する傾向がみられ、その程度は接種部位より離れた部位で顕著であった（第5図）。以上の結果より、カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上には、茎における病原菌の増殖・移行の抑制が関与するものと推定した。

第2節 カルシウム吸収がトマト接ぎ木苗の青枯病の発病に及ぼす影響

培養液カルシウム濃度が抵抗性品種を台木としたトマト接ぎ木苗の青枯病の発病および青枯病菌密度に及ぼす影響を検討した。カルシウム濃度の異なる培養液（0.4、4.4、20.4 mM）を用いて栽培した接ぎ木苗に対し、台木の茎基部に青枯病菌を付傷接種し、以後の発病を調査した。また、カルシウム処理を行った接ぎ木苗の穂木を菌接種5日後に切断して木部いっ泌液を採取し、選択培地を用いていっ泌液中の青枯病菌密度を計数した。その結果、トマト接ぎ木苗の発病は、高カルシウム濃度（20.4 mM）の培養液で栽培した場合に抑制されること（第6図）、ならびに木部いっ泌液中の青枯病菌密度は、培養液カルシウム濃度が高まるとともに低下すること（第1表）を明らかにした。以上の結果より、栽培現場で用いられている抵抗性台木への接ぎ木苗の場合においても、カルシウム吸収による抵抗性の向上が明瞭に認められること、ならびに茎の木部における菌の増殖抑制がそれに関与することを示した。

第3節 カルシウム吸収とトマト青枯病抵抗性の品種間差異との関係

青枯病抵抗性の異なるトマト 20 品種・系統の幼苗をカルシウム濃度の異なる培養液（0.4、4.4、12.4 mM）で栽培し、青枯病菌を茎に付傷接種して以後の発病を調査した。その結果、各品種・系統ともに培養液カルシウム濃度が高まるとともに発病指数が低下する傾向を示し、とくに中程度および高度抵抗性品種・系統では、高カルシウム濃度条件下における発病抑制すなわち抵抗性の向上が明瞭に認められた（第7図）。本結果より、カルシウム吸収による抵抗性向上が多く抵抗性品種・系統に共通してみられることを明らかにした。

第3章 カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上に関わる要因の検討

第1節 接種前後の培養液カルシウム濃度処理が抵抗性品種の発病に及ぼす影響

カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上に関わる要因の推定を目的として、病原菌の接種前後で3段階の培養液カルシウム濃度（0.4、4.4、20.4 mM）を相互に変化させた場合の抵抗性品種の発病について検討した。その結果、病原菌感染以前の培養液カルシウム濃度の高低は、植物体のカルシウム含有率を大きく変化させたにもかかわらず発病に影響を及ぼさないこと、ならびに病原菌感染後のカルシウム濃度が高まるとともに発病が抑制されることを明らかにした（第8図）。本結果より、従来示されている細胞壁へのカルシウムの結合を介した抵抗性の変化とはカルシウムの作用機構が異なる

り、病原菌感染後の植物体内カルシウム濃度の差異が抵抗性品種の発病の差異、すなわち抵抗性の発現調節に関与していることを示した。

第2節 トマト青枯病抵抗性品種間におけるカルシウム吸収の差異

カルシウム等の養分元素が発病に関与する一部の病害では、その養分吸収能が抵抗性品種で高い事例がみられる。そこで、青枯病抵抗性とカルシウム吸収との関係を明らかにするために、トマト 23 品種の幼植物を用いて抵抗性を検定するとともに養分吸収を比較検討した。その結果、各養分の吸収に品種間差異が認められたが、カルシウム吸収のみが青枯病抵抗性との関連を示し、高度抵抗性の品種群が高いカルシウム吸収能を有することを明らかにした（第2表）。

第3節 トマト相互接ぎ木苗のカルシウム吸収と青枯病抵抗性との関係

トマト青枯病抵抗性品種間におけるカルシウム吸収の差異に関与する要因、ならびにその抵抗性発現に果たす役割を明らかにすることを目的として、抵抗性の異なるトマト品種間の相互接ぎ木苗を用いて、カルシウム吸収を調査するとともに、青枯病菌を穂木に接種して、その発病とカルシウム吸収との関係を検討した。その結果、地上部のカルシウム吸収は、高度抵抗性品種を台木とした場合に有意に高まったこと（第3表）から、上記のカルシウム吸収の差異が主に地下部のカルシウム吸収の差異に起因することを明らかにした。一方、相互接ぎ木苗の穂木に接種した場合の青枯病の発病は、穂木品種の抵抗性に依存し、カルシウム吸収の品種間差異が発病に及ぼす影響は認められなかった（第9図）。本結果およびカルシウム吸収の品種間差異の程度が培養液カルシウム濃度を変化させた場合と比較して著しく小さいことから、カルシウム吸収の品種間差異は青枯病抵抗性の発現にほとんど寄与しないものと推測した。

第4章 トマト青枯病の発病抑制を目的としたカルシウム施用法の検討

第1節 被覆カルシウム資材の施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

前記のように、カルシウム吸収がトマト青枯病抵抗性品種の発病に大きく関与することが明らかとなったことから、カルシウムの施用による発病抑制の可能性が示唆された。しかし、これまでのカルシウム資材施用法では、カルシウムの吸収効率が低いことや土壌 pH の上昇が微量要素の吸収を阻害すること等の問題点が指摘されている。そのため、カルシウム施用による発病抑制技術を確立するには、効率的なカルシウム施用法を新たに開発する必要がある。そこで、樹脂被覆によりカルシウムの溶出を制御した被覆カルシウム資材について、その施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響について検討した。青枯病汚染ほ場において、対照区、被覆硝酸カルシウム施用区および被覆塩化カルシウム施用区の3区を設けて春夏作のトマトを栽培し、青枯病の発病および収量、尻腐れ果の発生等を調査した。その結果、資材施用によりトマト尻腐れ果の発生が減少したが、発病抑制効果は認められなかった（第10図）。これは、トマトのカルシウム吸収が発病

抑制に有効なレベルまで高まらなかったことが原因であると推測した。

第2節 カルシウムのかん水同時施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

作物への効率的な養水分の供給が可能であり、その利用が栽培現場で拡大しつつあるかん水同時施肥法について、そのカルシウム施用への適用を試み、カルシウムのかん水同時施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響について検討した。まず、3濃度の塩化カルシウム水溶液のかん水施用が発病に及ぼす影響をポット栽培で調査した結果、高濃度（8.4 mM）施用区で発病遅延・抑制が認められた（第11図）。次に、3種のカルシウム塩水溶液（塩化カルシウム、硫酸カルシウム、ギ酸カルシウム、各4 mM）をかん水施用し、温室内でコンテナ栽培したトマトに対して青枯病菌を接種し、以後の発病を調査した結果、塩化カルシウムのかん水同時施用が青枯病の発病を抑制し、硫酸カルシウムの施用も発病を軽減することを明らかにした（第12図）。さらに、カルシウム濃度の異なる培養液（2.4、6.4、10.4 mM）をかん水同時施用してほ場栽培したトマトの青枯病の発病は、高カルシウム濃度培養液施用区で遅延する傾向を示した（第13図）。このように、カルシウムのかん水同時施用がトマト青枯病の発病抑制に有効であることを明らかにした。

第3節 有機物施用がトマトのカルシウム吸収および青枯病の発病に及ぼす影響

有機物施用が病害の発生に影響を及ぼすことは古くから知られている。その詳細な機構は明らかになっていないが、前記の結果から有機物施用がカルシウム吸収に影響を与え、それが病害発生に関与する可能性を推測した。そこで、カルシウム含量の異なる堆肥の施用がトマトのカルシウム吸収および青枯病の発病に及ぼす影響について検討した。その結果、堆肥のカルシウム含量に対応してカルシウム吸収が顕著に高まること（第4表）、ならびに青枯病の発病がカルシウム吸収の増加に対応して遅延・抑制されること（第14図）を明らかにした。本結果より、有機物施用による発病抑制に作物のカルシウム吸収が関与する可能性を新たに示した。

まとめ

野菜の連作障害の主因である土壌病害の新たな総合防除技術を開発することを目的として、難防除土壌病害の一つであるトマト青枯病を対象に、カルシウム吸収と抵抗性との関係を検討し、カルシウム吸収による抵抗性向上に関与する要因を推定するとともに、発病抑制を目的とした新たなカルシウム施用法の開発を試み、下記の成果を得た。

1. 各種養分レベルが抵抗性品種の発病に及ぼす影響を土耕および水耕条件下で調査した結果、カルシウムの施用レベルが発病に大きく影響し、カルシウム吸収を高めた場合に抵抗性が向上することを明らかにした。
2. 培養液カルシウム濃度が抵抗性の異なるトマト品種の発病および植物体内における

病原菌密度に及ぼす影響を検討し、カルシウム吸収が抵抗性品種の発病に大きく影響することを明確にするとともに、カルシウム吸収による抵抗性向上が茎における菌の増殖・移行の抑制に起因することを明らかにした。さらに、同様の現象が抵抗性品種を台木とした接ぎ木苗や多くの抵抗性品種に共通して認められることを示した。

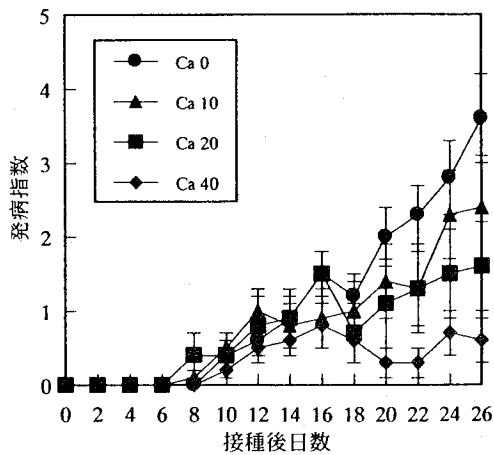
3. 病原菌接種の前後でカルシウム濃度を相互に変化させて、抵抗性品種の発病を調査した結果、病原菌感染後のカルシウム濃度が高まるとともに抵抗性品種の発病が抑制されることを明らかにし、植物体内のカルシウム濃度が抵抗性の発現調節に関与している可能性を示した。さらに、トマト青枯病抵抗性と養分吸収との関係を比較検討し、高度抵抗性の品種群が高いカルシウム吸収能を有すること、ならびにそれが地下部のカルシウム吸収の差異に起因することを明らかにした。

4. トマト青枯病の発病抑制を目的とした新たなカルシウム施用法の開発を試みた結果、カルシウムのかん水同時施用法が発病抑制に有効であることを明らかにした。さらに、カルシウム含量の異なる堆肥の施用がカルシウム吸収および青枯病の発病に及ぼす影響を調査し、有機物施用による発病抑制にカルシウム吸収が関与することを示した。

以上の研究成果は、カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上が総合防除技術の一手段として有効であることを示しており、その確立に大きく寄与するものと期待される。

[発表論文]

- 山崎浩道・保科次雄：カルシウム栄養条件がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響，土肥誌，**64**，325 - 328 (1993) .
- Yamazaki, H. and Hoshina, T.: Calcium nutrition affects resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. *HortScience*, **30**, 91 - 93 (1995).
- Yamazaki, H., Ishizuka, O. and Hoshina, T.: Relationship between resistance to bacterial wilt and nutrient uptake in tomato seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **42**, 203 - 208 (1996) .
- Yamazaki, H., Kikuchi, S., Hoshina, T. and Kimura, T.: Effects of strontium treatment on bacterial wilt development and the concentration of strontium in inoculated tomato seedlings. In *Plant nutrition for sustainable food production and environment*, ed. T. Ando et al., p.755 - 756, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (1997).
- 山崎浩道・菊地 直・保科次雄・木村 武：堆肥施用がトマト幼植物の青枯病の発病およびカルシウム吸収に及ぼす影響，土肥誌，**69**，76 - 78 (1998) .
- Yamazaki, H., Kikuchi, S., Hoshina, T. and Kimura, T.: Effect of calcium concentration in nutrient solution before and after inoculation with *Ralstonia solanacearum* on resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **45**, 1009 - 1014 (1999) .
- Yamazaki, H., Kikuchi, S., Hoshina, T. and Kimura, T.: Calcium uptake and resistance to bacterial wilt of mutually grafted tomato seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **46**, 529 - 534 (2000) .
- Yamazaki, H., Kikuchi, S., Hoshina, T. and Kimura, T.: Effect of calcium concentration in nutrient solution on development of bacterial wilt and population of its pathogen *Ralstonia solanacearum* in grafted tomato seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **46**, 535 - 539 (2000) .
- Yamazaki, H.: Relation between resistance to bacterial wilt and calcium nutrition in tomato seedlings. *Jpn. Agric. Res. Q.*, **35**, 163 - 169 (2001).



第1図 カルシウム施用量がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

供試品種：‘瑞栄’（中程度抵抗性）

供試資材：消石灰

石灰施用量 Ca 0: 0 g CaO / ポット

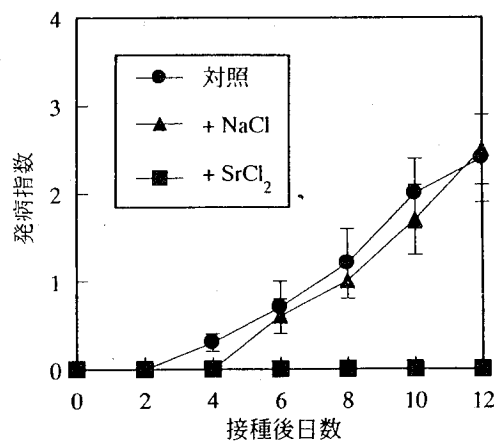
Ca 10: 10 g CaO / ポット

Ca 20: 20 g CaO / ポット

Ca 40: 40 g CaO / ポット

発病指数 0：健全～5：枯死

図中の垂線は標準誤差を示す



第3図 培養液への塩化ナトリウムおよび塩化ストロンチウム添加がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響

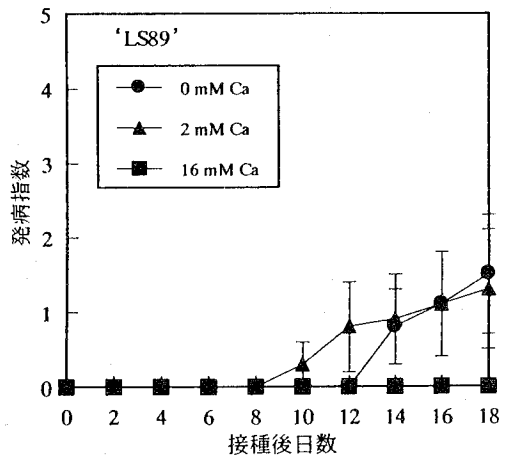
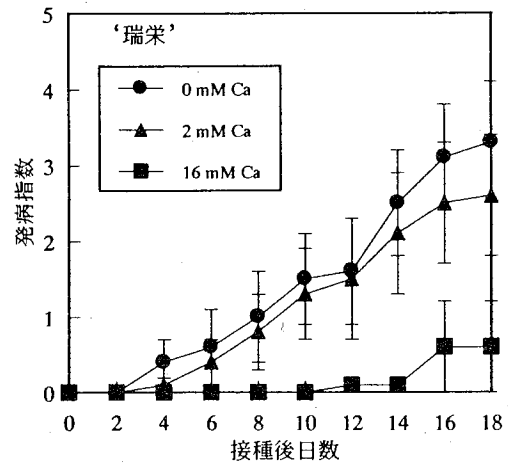
供試品種 ‘瑞栄’（中程度抵抗性）

処理濃度 塩化ナトリウム：32 mM

塩化ストロンチウム：16 mM

発病指数 0：健全～4：枯死

図中の垂線は標準誤差を示す



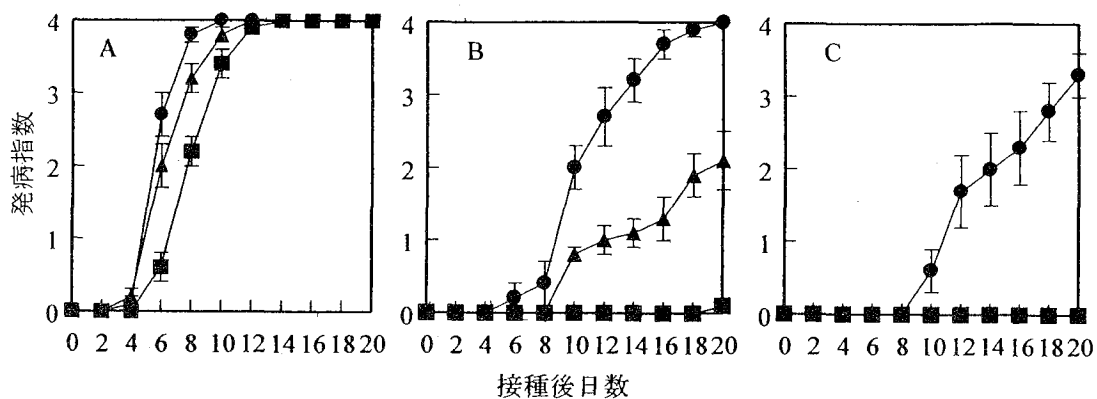
第2図 培養液カルシウム濃度がトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響

供試品種 ‘瑞栄’（中程度抵抗性、上段）

‘LS89’（高度抵抗性、下段）

発病指数 0：健全～5：枯死

図中の垂線は標準誤差を示す

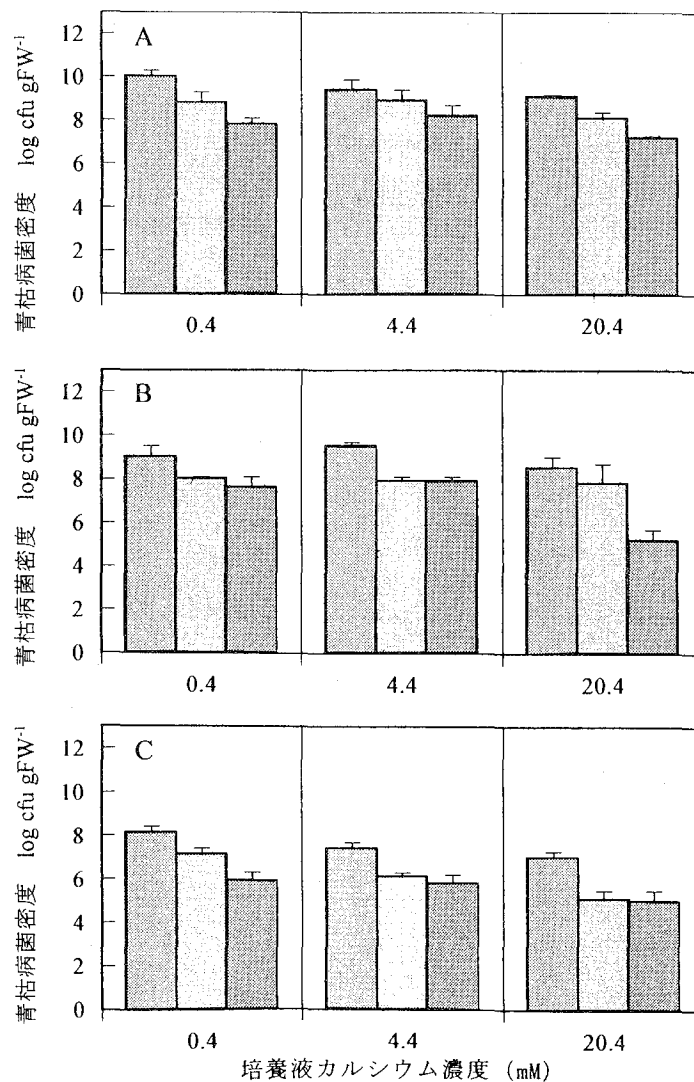


第4図 培養液カルシウム濃度がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

A: り病性品種 (ポンデローザ)、B: 中程度抵抗性品種 (瑞栄)、C: 高度抵抗性品種 (LS89)

培養液Ca濃度 ●: 0.4、▲: 4.4、■: 20.4 mM

発病指数 0: 健全~4: 枯死、図中の垂線は標準誤差を示す

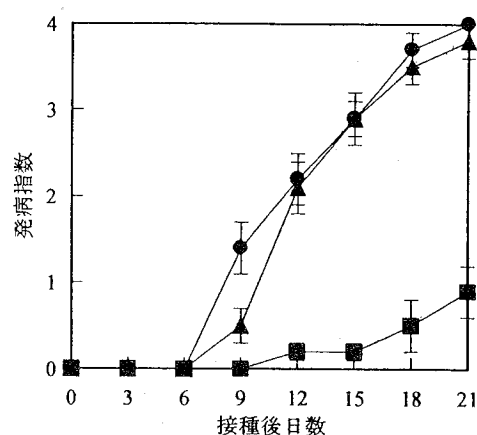


第5図 培養液カルシウム濃度がトマト茎中の青枯病菌密度に及ぼす影響 (接種5日後)

A: 'ポンデローザ' (り病性)、B: '瑞栄' (中程度抵抗性)、C: 'LS89' (高度抵抗性)

茎試料部位 ■: 0-5 cm、□: 5-10 cm、▨: 10-15 cm (接種部位からの距離)

cfu: colony forming unit、図中の垂線は標準偏差を示す



第6図 培養液カルシウム濃度がトマト接ぎ木苗の青枯病の発病に及ぼす影響

穂木：桃太郎、台木：LS89

培養液Ca濃度 ●: 0.4、▲: 4.4、■: 20.4 mM

発病指数 0: 健全～4: 枯死

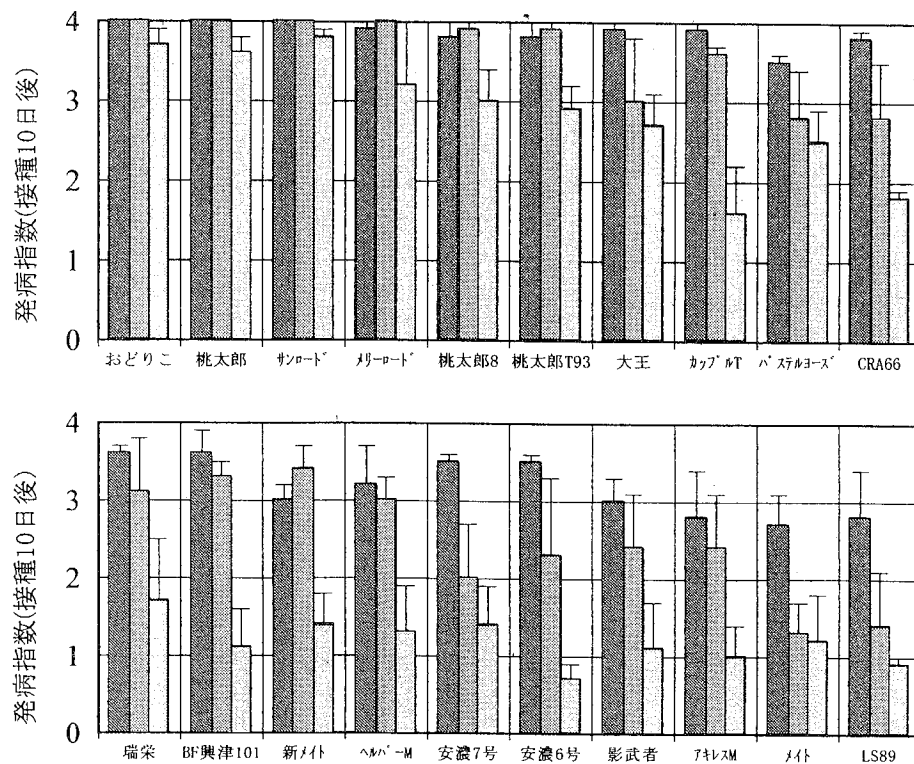
図中の垂線は標準誤差を示す

第1表 培養液カルシウム濃度がトマト接ぎ木苗の木部いつ泌液カルシウム濃度および青枯病菌密度に及ぼす影響^a

培養液Ca濃度 (mM)	木部いつ泌液 ^b	
	Ca濃度 (mM)	青枯病菌密度 (log cfu mL ⁻¹)
0.4	2.01c ^c	11.4a
4.4	8.39b	10.2b
20.4	28.9a	9.2c

^a 穂木：桃太郎、台木：LS89、^b 接種5日後に穂木部より採取

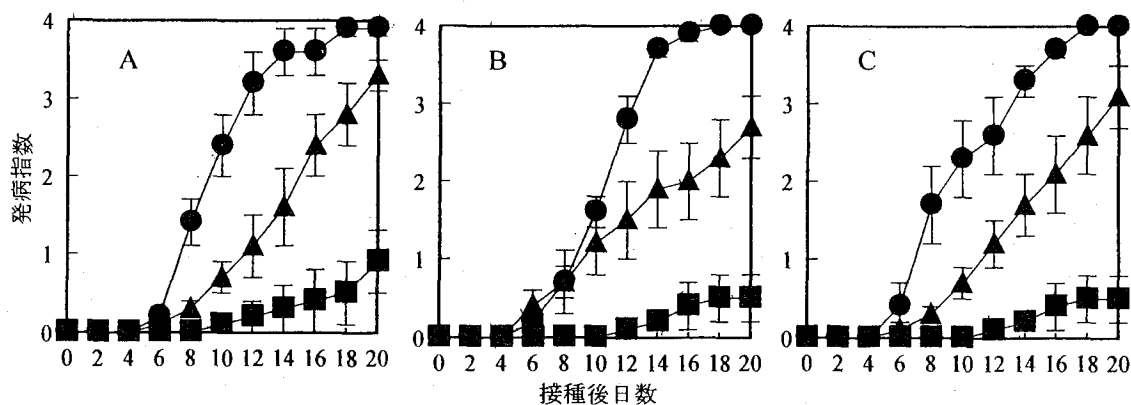
^c 同一文字を付した平均値間にはTukey法による有意差（5%水準）が無いことを示す



第7図 培養液カルシウム濃度が抵抗性の異なるトマト20品種・系統の青枯病の発病に及ぼす影響

培養液カルシウム濃度 ■: 0.4, ▨: 4.4, □: 12.4 mM

発病指数 0: 健全～4: 枯死、図中の垂線は標準誤差を示す



第8図 接種前後の培養液カルシウム濃度がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

供試品種：瑞栄（中程度抵抗性）

接種前Ca濃度 A：0.4、B：4.4、C：20.4 mM

接種後Ca濃度 ●：0.4、▲：4.4、■：20.4 mM

発病指数 0：健全～4：枯死、図中の垂線は標準誤差を示す

第2表 青枯病抵抗性の異なるトマト品種群におけるカルシウム吸収量の差異^a

青枯病抵抗性 ^b	品種数	Ca吸収量 (mg plant ⁻¹)		
		葉	茎	根
り病性	12	37.0b ^c	6.20b	1.80a
中程度抵抗性	6	40.2ab	7.25b	1.82a
高度抵抗性	5	46.9a	9.49a	2.27a

^a 幼植物ポット試験

^b 接種20日後の発病指数（0：健全～4：枯死）によりグループ化

り病性：3.0～4.0、中程度抵抗性：0.1～2.9、高度抵抗性：0

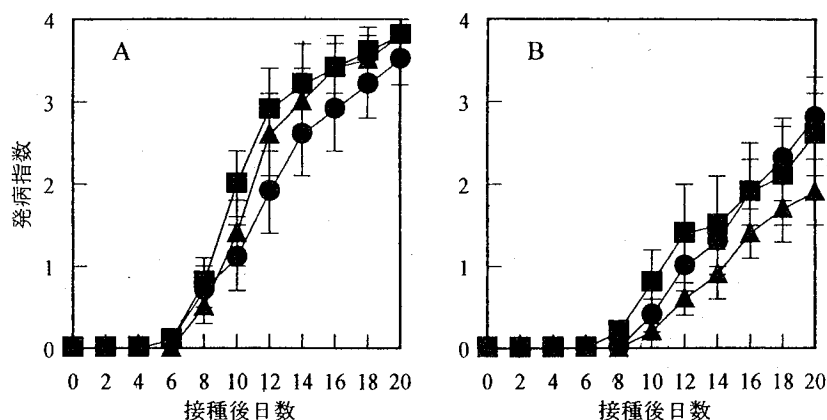
^c 同一文字を付した平均値間にはKruskal - Wallis法による有意差（5%水準）が無いことを示す

第3表 青枯病抵抗性の異なるトマト品種間の相互接ぎ木苗におけるカルシウム吸収

抵抗性 ^a		地上部Ca含有率 (mg g ⁻¹)	地上部Ca吸収量 (mg shoot ⁻¹)
穂木	台木		
り病性	り病性	15.1	48.9
り病性	中程度抵抗性	15.3	49.0
り病性	高度抵抗性	20.1	60.7
中程度抵抗性	り病性	15.0	46.6
中程度抵抗性	中程度抵抗性	16.4	48.3
中程度抵抗性	高度抵抗性	19.1	66.4

^a り病性品種：ボンデローザ、中程度抵抗性品種：瑞栄、高度抵抗性品種：LS89

2要因分散分析により、台木品種の要因において1%水準で有意差あり

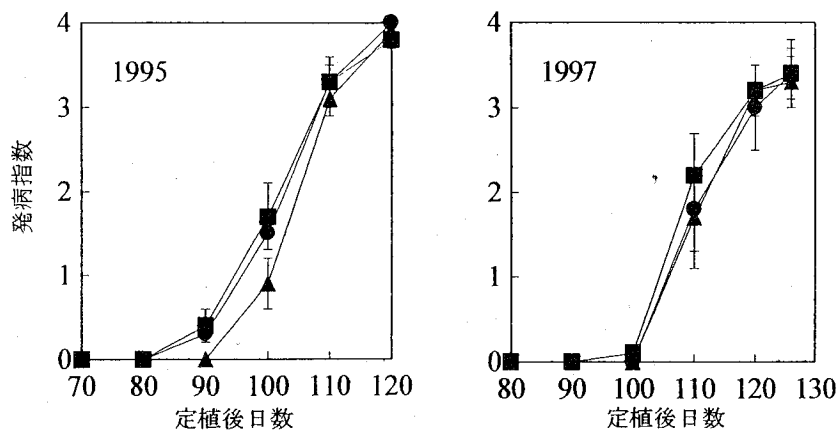


第9図 トマト相互接ぎ木苗における青枯病の発病（穂木葉柄接種）

A：穂木ーり病性品種（ボンデローザ）、B：穂木ー中程度抵抗性品種（瑞栄）

台木品種 ■：り病性（ボンデローザ）、●：中程度抵抗性（瑞栄）、▲：高度抵抗性（LS89）

発病指数 0：健全～4：枯死、図中の垂線は標準誤差を示す

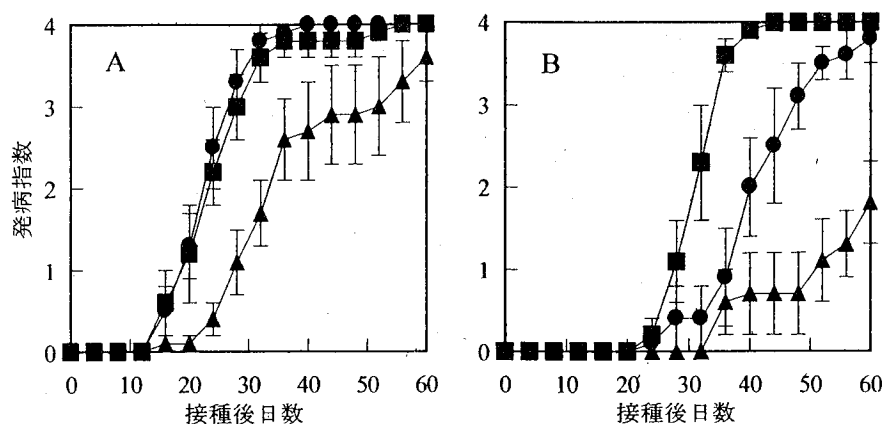


第10図 被覆カルシウム資材の施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

供試品種 1995：'瑞栄'、1997：台木'新メイト'、穂木'桃太郎8'

■：対照区、●：被覆硝酸カルシウム施用区、▲：被覆塩化カルシウム施用区

発病指数 0：健全～4：枯死、図中の垂線は標準誤差を示す



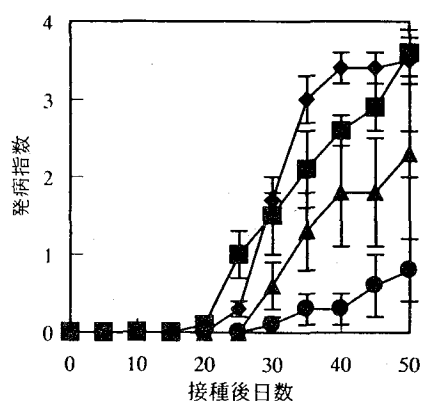
第11図 塩化カルシウム水溶液のかん水施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響

供試品種：'瑞栄'（中程度抵抗性）

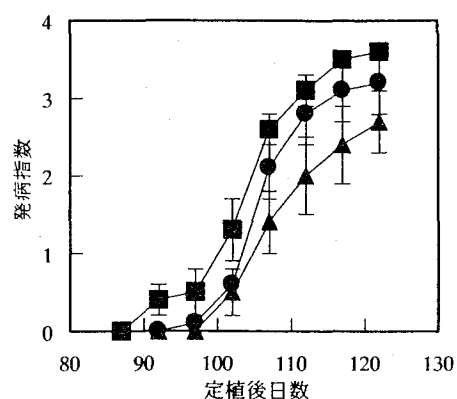
接種方法 A：断根接種、B：かん注接種

施用カルシウム濃度（mM） ■：0.4、●：4.4、▲：8.4

発病指数 0：健全～4：枯死、図中の垂線は標準誤差を示す



第12図 カルシウム塩溶液のかん水施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響
 供試品種：新メイト台桃太郎8
 ■：対照区、▲：硫酸カルシウム
 ●：塩化カルシウム、◆：ギ酸カルシウム
 施用濃度：4 mM
 発病指数 0：健全～4：枯死
 図中の垂線は標準誤差を示す

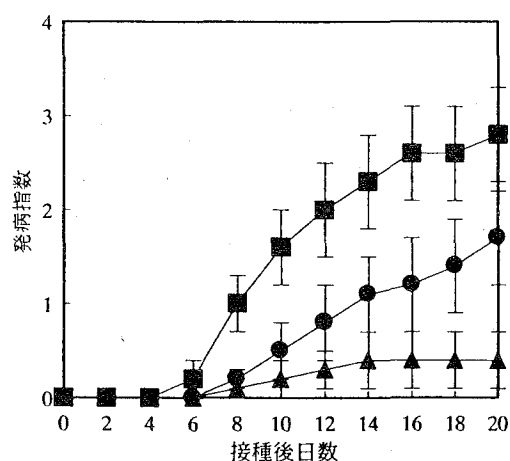


第13図 カルシウム濃度の異なる培養液のかん水同時施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響
 供試品種：影武者台桃太郎8
 培養液Ca濃度 ■：2.4、●：6.4、▲：10.4 mM
 発病指数 0：健全～4：枯死
 図中の垂線は標準誤差を示す

第4表 カルシウム含有率の異なる堆肥の施用がトマトのカルシウム含有率に及ぼす影響

処理	Ca含有率(mg g ⁻¹)	
	堆肥	植物体
対照	—	15.1c ^a
パーク堆肥	36.3	22.4b
牛ふんパーク堆肥	59.8	30.9a

^a 同一文字を付した平均値間にはTukey法による有意差（5%水準）が無いことを示す



第14図 カルシウム含有率の異なる堆肥の施用がトマト青枯病の発病に及ぼす影響
 接種方法：かん注接種
 ■：対照、●：パーク堆肥施用、▲：牛ふんパーク堆肥施用
 発病指数 0：健全～4：枯死、図中の垂線は標準誤差を示す

論文審査結果要旨

我が国の野菜栽培では、連作が広く行われ、連作障害、とくに土壤病害の発生が大きな被害をもたらしており、その総合防除技術の確立が強く求められている。一方、これまでに、カルシウム施用が多くの病害の発生を抑制し、とくにカルシウム吸収の増加が発病抑制に関与することが示されているが、その詳細なメカニズムや有効なカルシウム施用法、カルシウム吸収と品種抵抗性との関係などは明らかにされていない。そこで、本研究では、野菜の土壤病害総合防除技術の確立に寄与することを目的として、難防除土壤病害の一つであるトマト青枯病を対象に、作物のカルシウム吸収と発病および品種抵抗性との関係を明らかにし、カルシウム吸収による抵抗性向上に関与する要因を推定するとともに、発病抑制を目的とした新たなカルシウム施用法の開発を行なった。

各種養分レベルがトマト青枯病抵抗性品種の発病に及ぼす影響を土耕および水耕条件下で調査した結果、カルシウムの施用レベルが発病に大きく影響し、カルシウム吸収を高めた場合に発病が抑制され、抵抗性が向上することを明らかにした。

培養液カルシウム濃度が抵抗性の異なるトマト品種の発病および植物体内における病原菌密度に及ぼす影響を検討し、カルシウム吸収が抵抗性品種の発病に大きく影響することを明確にするとともに、カルシウム吸収の増加により、抵抗性品種の茎における病原菌密度の上昇が抑制されることを明らかにし、カルシウム吸収による抵抗性向上が茎における菌の増殖・移行の抑制に起因することを示した。さらに、同様の現象が抵抗性品種を台木とした接ぎ木苗や多くの抵抗性品種に共通して認められることを示した。

病原菌接種の前後でカルシウム濃度を相互に変化させて、抵抗性品種の発病を調査した結果、菌接種前のカルシウム吸収の差異は発病に影響せず、接種後のカルシウム吸収の増加により発病が抑制されることを明らかにし、病原菌感染後の植物体内カルシウム濃度が抵抗性の発現調節に関与している可能性を示した。さらに、トマト青枯病抵抗性と養分吸収との関係を比較検討し、高度抵抗性の品種群が高いカルシウム吸収能を有すること、ならびにそれが地下部のカルシウム吸収の差異に起因することを明らかにした。

トマト青枯病の発病抑制を目的とした新たなカルシウム施用法の開発を試みた結果、カルシウムのかん水同時施用により発病が抑制され、同法が発病抑制に有効な技術となることを明らかにした。さらに、カルシウム含量の異なる堆肥の施用がカルシウム吸収および青枯病の発病に及ぼす影響を調査した結果、唯肥のカルシウム含量に応じてカルシウム吸収が顕著に増加するとともに、その程度に応じた発病抑制が認められ、有機物施用による発病抑制にカルシウム吸収が関与する可能性を新たに示した。

以上のように、本研究は、カルシウム吸収によるトマト青枯病抵抗性の向上が、総合防除技術として有効なことを様々な角度から実証するとともに、その防御技術確立に大きく寄与するものである。よって、審査員一同は、本論文は博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定した。